

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan pustaka

Ludi Hartanto (2009) Beberapa penelitian yang sama mengenai komposit dengan penguat serat rami menggunakan fraksi volume yang pernah di lakukan.pada penelitian Kekuatan impact rata-rata komposit serat (*fibrous composite*) Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan bending,tarik dan impact yang optimal dari komposit serat rami pada fraksi volume 20%, 30%, 40%, 50% dengan variasi ketebalan 1mm hingga 5mm,dengan perlakuan alkali serta mengetahui jenis patahan dengan pengamatan macro pada specimen yang memiliki harga optimal dari pengujian bending,tarik dan impact. Pada penelitian ini bahan yang dipergunakan adalah serat ramie yang disusun acak dengan fraksi volume 20%, 30%, 40%, 50%, dengan variasi tebal 1mm hingga 5mm, menggunakan Polyester BQTN 157 sebagai matriknya. Pembuatan dengan cara press mold, pengujian bending yang dilakukan dengan acuan standar ASTM D 790-02 tarik dengan standart ASTM 638-02 dan Impact charpy dengan acuan standart ASTM D 256-00. Hasil pengujian didapat pengaruh alkali 2,4,6,dan 8 jam pada fraksi volume 20%, 30%, 40%, 50%, dengan variasi tebal 1mm hingga 5mm. Pada pengujian bending optimal rata-rata pada vf 40% dengan ketebalan 3mm dan paling optimal pada alkali 2 jam,Pada uji tarik optimal pada vf 50% ketebalan 5mm dan paling optimal pada alkali 2 jam,dan Pada uji Impact optimal rata-rata pada vf 40% dan 50% pada ketebalan 5mm dan paling optimal pada vf 50% alkali 6 jam. Pengamatan struktur macro didapatkan jenis patahan broken fiber.

Agus H. (2015) penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh waktu perlakuan alkali terhadap peningkatan kekuatan bending dan impact

komposit berpenguat serat rami bermatrix poliester. Mekanisme perpatahan diamati dengan photo macro. Bahan utama penelitian adalah serat rami, resin unsaturated polyester 157 BQTN. Hardener yang digunakan adalah MEKPO dengan konsentrasi 1%. Komposit dibuat dengan metode cetak tekan (press mold). Komposit terdiri dari serat rami acak. Fraksi volume serat komposit adalah 40%. Perlakuan alkali (NaOH) 5% dengan variasi lama perendaman 2, 4, 6, 8 jam. Spesimen dan prosedur pengujian bending dan impact izod mengacu pada standart ASTM D 790 dan ASTM D 5941. Penampang patahan dilakukan foto macro untuk mengidentifikasi pola kegagalannya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan waktu perlakuan alkali (NaOH) 5% menurunkan kekuatan bending dan kekuatan impact secara signifikan pada komposit. Mekanisme patahan terjadi patah getas akibat kekuatan bending dan impact, diawali oleh tahapan pola kegagalan tarik pada komposit sisi bawah dan kegagalan tekan pada komposit sisi atas, kegagalan fiber pull out.

Mardiyanti (2017) Sifat Tarik Dan Sifat Impact Komposit Polipropilena High Impact Berpenguat Serat Rami Acak Yang Dibuat Dengan Metode Injection Molding Rami merupakan salah satu jenis serat alam yang banyak tumbuh di Indonesia dan memiliki sifat mekanik yang baik. Hingga saat ini, pemanfaatan rami sebagai material penguat pada komposit polimer berpenguat serat alam telah banyak dipelajari. Namun, penggunaan serat rami sebagai bahan penguat dan polipropilena high impact (PPHI) yang banyak digunakan dalam industri otomotif sebagai matriks dalam komposit untuk aplikasi di bidang otomotif belum banyak dipelajari. Pada penelitian ini dipelajari pengaruh fraksi volume serat rami terhadap sifat tarik dan sifat impact komposit PPHI berpenguat serat rami. fraksi volume serat rami sebesar 5%, 10%, dan 15% Harga impact komposit tertinggi juga dimiliki oleh komposit PPHI berpenguat serat rami

dengan fraksi volume serat 10%, yaitu sebesar 46.39 KJ/m², lebih tinggi 15.5% dibandingkan dengan PPHI yang tidak diperkuat oleh serat rami.

(Efendi, 2017) Serat sintetis seperti kaca (*glass*), karbon dan *aramid* banyak digunakan dalam komposit *polimer* karena kekakuan tinggi dan kekuatannya. Namun, serat – serat sintetis memiliki kelemahan serius dalam *biodegradabilitas*, biaya pengolahan awal yang tinggi, daur ulang, konsumsi energi, abrasi mesin dan bahaya bagi kesehatan. Dampak lingkungan yang merugikan telah mengubah perhatian dari penggunaan serat sintatis ke serat alami. Pengembangan material komposit serat alam ini menjadi solusi untuk mengatasi masalah – masalah tersebut. Penggunaan serat alam ini lebih disukai karena disamping biaya relatif lebih murah juga bersifat ramah lingkungan dan bahan yang mudah diperbarui dibandingkan dengan serat sintetis yang hampir keseluruhan bahannya tidak bisa diperbaharui dan sampahnya tidak bisa didaur ulang

(Arsyad, 2017) Para peneliti menggunakan komposit serat alam sebagai produk unggulan sesuai dengan keistimewaannya. Walaupun tak sepenuhnya menggeser serat sintetis, pemanfaatan serat alam yang ramah lingkungan merupakan langkah bijak untuk menyelamatkan kelestarian lingkungan. Sifat suatu serat dapat dipengaruhi oleh beberapa kondisi seperti bagaimana serat tersebut diperoleh, ukuran, dan bentuk serat. Ukuran dan bentuk serat diperlukan untuk tujuan tertentu seperti pembuatan dan perekatan dengan matrik. Semakin kecil diameter serat maka semakin kuat bahan tersebut ,karena minimnya cacat pada material selain itu serat merupakan unsur yang terpenting karena seratlh yang nantinya akan menentukan sifat mekanik komposit tersebut seperti kekakuan, keuletan dan kekuatan. Fungsi utama serat dalam komposit yaitu sebagai pembawa beban

memberikan sifat kekakuan, kekuatan, stabilitas panas dan sifat sifat lain serta memberikan konduktifitas pada komposit.

2.2 Dasar Teori

Melihat dari beberapa dasar tentang Komposit (*composite*) merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan. *Composite* ini berasal dari kata kerja “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi definisi komposit dalam lingkup ilmu material adalah gabungan dua buah material atau lebih yang digabung pada skala makroskopis untuk membentuk material baru yang lebih bermanfaat, ini berbeda dengan alloy/ paduan yang digabung secara mikroskopis. Pada material komposit sifat unsur pendukungnya masih terlihat dengan jelas, sedangkan pada alloy/ paduan sudah tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya (Jones, 1975). komposit terdiri dari dua unsur yaitu serat (*fibre*) dan bahan pengikat serat yang disebut dengan matriks. Unsur utama dari bahan komposit adalah serat, serat inilah yang menentukan karakteristik suatu bahan seperti kekuatan, keuletan, kekakuan dan sifat mekanik yang lain. Serat menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada material komposit, sedangkan matrik mengikat serat, melindungi, dan meneruskan gaya antar serat. Keunggulan dari material ini adalah penggabungan unsur-unsur yang unggul dari masing-masing unsur pembentuknya tersebut. Orang melakukan penggabungan material ini adalah dalam rangka untuk menemukan sifat antara (*intermediate*) material penyusunnya. Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan saling melengkapi kelemahan-kelemahan yang ada pada material penyusunnya.

Sifat-sifat yang dapat diperbaiki antara lain :

1. Kekuatan
2. Pengaruh terhadap temperatur
3. Kekakuan
4. Insulasi panas
5. Ketahanan korosi
6. Meningkatkan konduktifitas panas
7. Umur lelah (*fatigue life*)
8. Insulasi akustik
9. Ketahanan gesek

2.2.1 Klasifikasi Bahan Komposit

Jenis Material Komposit Yang Umum Adalah:

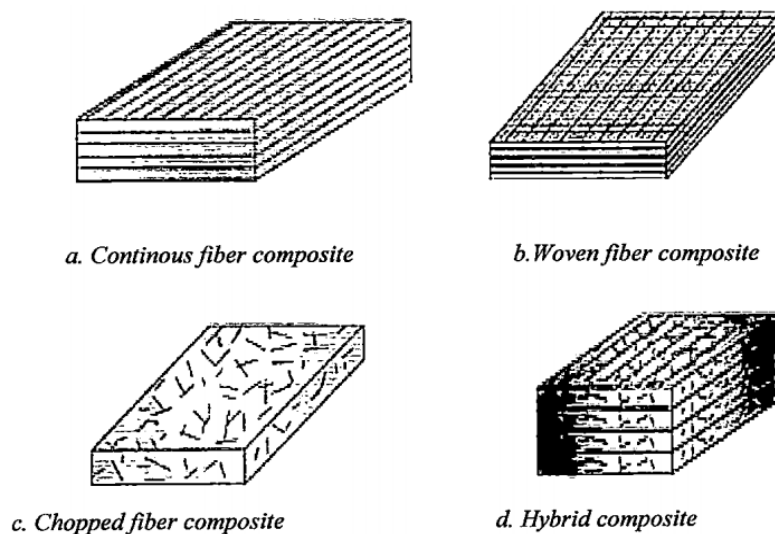
- 1) Bahan Komposit Berserat Yang Terdiri Dari Serat Dalam Matriks.
- 2) Bahan Komposit Laminasi Yang Terdiri Dari Lapisan Berbagai Bahan.
- 3) Partikulat Bahan Komposit Yang Tersusun Dari Partikel Dalam Matriks.

Jenis Bahan Komposit Ini Dijelaskan Dan Dibahas Dalam Subbagian Berikut.

2.2.2 Komposit Berserat

Komposit berserat adalah jenis komposit yang paling banyak digunakan dalam aplikasi komposit. Komposit berserat terdiri dari serat sebagai penguat dan matriks sebagai pengikat yang mengikat serat untuk mendistribusikan kekuatan atau beban antar serat. Kekuatan komposit berserat ditentukan oleh ikatan mekanik atau ikatan kimia. Ikatan yang buruk antara serat dan matriks dapat menyebabkan kegagalan komposit (Schwartz, 1984).

Serat dapat disusun secara acak atau dengan orientasi tertentu atau dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Gambar 2.1 menunjukkan jenis serat komposit:

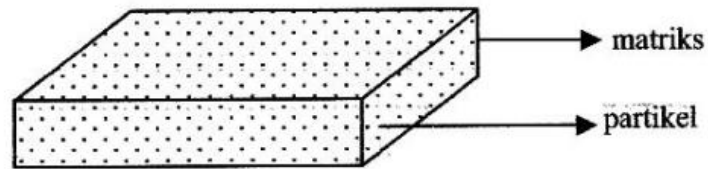


Gambar 2.1 Jenis komposit serat (Gybson 1994)

2.2.3 Komposit partikulat

Komposit partikulat tersusun dari partikel sebagai penguat dan didistribusikan secara seragam dalam matriks. Komposit ini memiliki ukuran partikel yang sama dan dapat dibuat lebih dari satu jenis partikel dalam matriks. Partikel-partikel itu dapat berupa logam atau non-logam, seperti halnya matriks. Selain itu tidak seperti polimer yang mengandung partikel yang hanya dimaksudkan untuk meningkatkan volume material dan bukan untuk kepentingan sebagai bahan penguat (Jones, 1975).

Gambar 2.2 menunjukkan komposit partikulat.

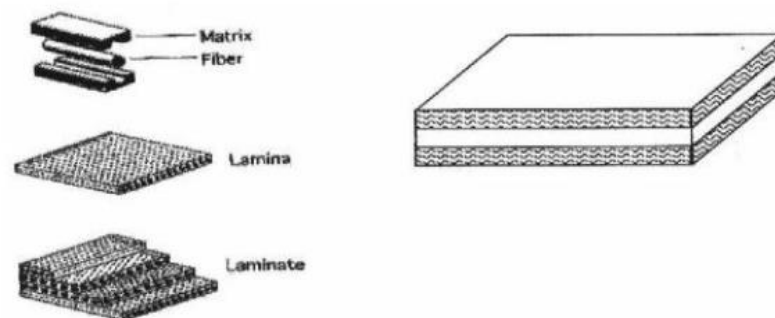


Gambar 2.2 komposit partikulat (gybson1994)

2.2.4 Laminasi komposit

Komposit laminasi terdiri dari lapisan setidaknya dua bahan berbeda yang terikat bersama. Laminasi digunakan untuk menggabungkan aspek terbaik dari lapisan penyusun dan bahan pengikat untuk mencapai bahan yang lebih berguna. Sifat-sifat yang dapat ditekankan oleh laminasi adalah kekuatan, berat badan rendah, kekakuan, ketahanan korosi, ketahanan aus, isolasi termal, dan isolasi akustik (Jones, 1999).

Gambar 2.3 Laminasi komposit.



Gambar 2.3 Laminasi komposit (Gybson 1994)

2.2.5 Serat alami

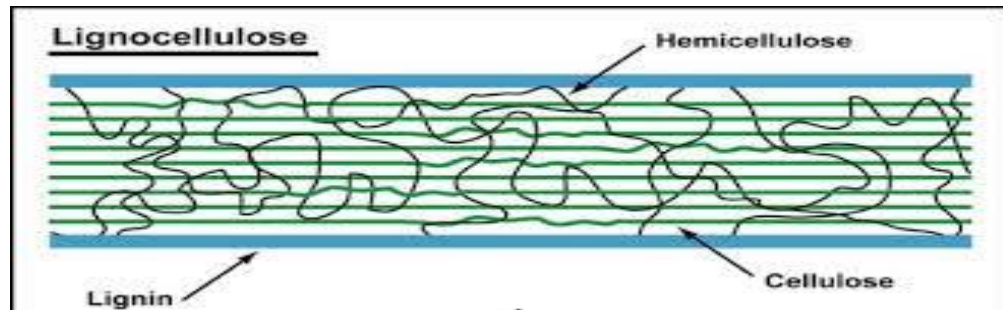
Saat ini, ada minat yang tumbuh dalam penggunaan serat alami dalam produksi komposit. Serat alami biasanya diperoleh dari bagian

seperti kulit pohon, batang, biji, daun, buah, dan serat rumput lainnya. Bandingkan dengan serat sintetis serat alami memiliki banyak keunggulan. Keuntungan dari serat alami adalah ketersediaannya, mudah didapat, biaya rendah, kepadatan rendah, dan ramah lingkungan, Begitu banyak tanaman serat yang tersedia yang dapat digunakan untuk memproduksi komposit, seperti kenaf, sabut, abaca, pisang, bambu, rami, sisal, kapas, goni, rami, flex, palmyra, talipot dan nanas (Claudia Merlini, 2011). Serat alami terutama dalam serat tanaman memiliki komposisi kimia dan struktur yang cukup rumit karena serat alami dibangun dari, lignin amorf mikro selulosa yang diperkuat kristal fibril dan juga matriks hemiselulosa. Serat alami terdiri dari selulosa, hemiselulosa, lignin, lilin dan beberapa senyawa yang larut dalam air (Rodriguez et al, 2012). Selulosa dan lignin adalah konstituen utama untuk serat alami. Namun, kandungan selulosa serat alami bertanggung jawab untuk menyediakan sifat mekanik serat.

Selain itu serat alami memiliki kelemahan serius, serat alami adalah sifat hidrofilik, yang menyebabkan ikatan antarmuka lemah antara serat dan matriks dalam komposit polimer (Asim et al, 2016). Perawatan dapat digunakan untuk meningkatkan ikatan antara serat alami dengan matriks. Perawatan alkali adalah perawatan yang paling disukai dan disukai, karena tidak memerlukan banyak alat, lebih sedikit waktu dan harga lebih rendah dibandingkan dengan perawatan kimia lainnya.

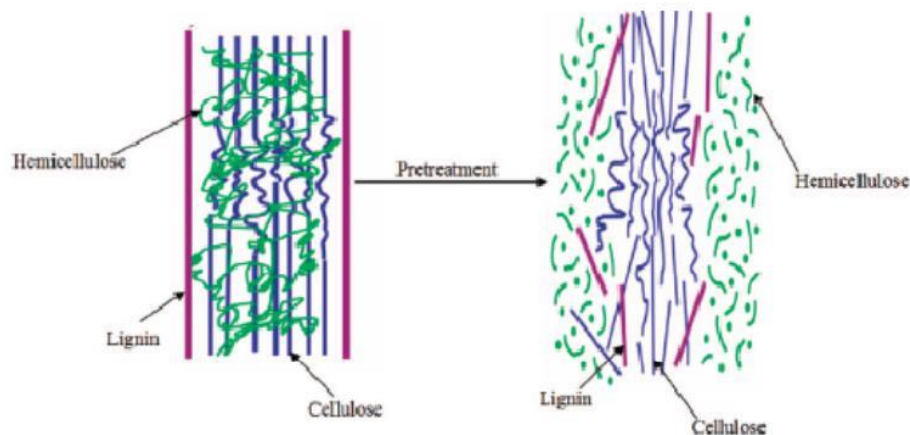
Lignoselulosa merupakan nama yang digunakan untuk bahan yang mengandung lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Lignoselulosa adalah sebuah komponen penyusun dinding sel tanaman terutama pada bagian batang seperti yang terlihat pada Gambar 2.4 Hemiselulosa dan selulosa merupakan polisakarida yang dapat diurai menjadi monosakarida yang selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan utama pembuatan bahan kimia, bahan bakar, biopolimer, bahan pakan, dan produksi enzim.

Ketersediaan bahan lignoselulosa yang melimpah di bumi mengakibatkan kajian tentang pemanfaatan bahan lignoselulosa menjadi sangat menarik.



Gambar 2.4 Hubungan Antara Lignin Selulosa dan Hemicelulosa
(Hidayat, 2011)

Hemicelulosa dan selulosa pada struktur lignoselulosa terikat atau diselubungi oleh lignin. Struktur lignin sendiri sangat rapat dan kuat sehingga menyulitkan bagi enzim untuk memecah hemicelulosa dan selulosa. Gambar 2.5 merupakan ikatan rantai lignoselulosa yang menunjukkan kerapatan dari masing-masing lignin selulosa dan hemicelulosa. Selain lignin, faktor lain yang juga dapat menghambat kerja enzim adalah struktur selulosa itu sendiri. Struktur selulosa terbagi menjadi dua yaitu *crystalline region* (struktur selulosa lurus dan rapat) dan *amorphous region* (struktur selulosa lebih renggang) (isroi, 2011).



Gambar 2.5 Selulosa, lignin dan hemiselulosa yang saling berikatan dan skematik merusak lapisan lignin. (Kumar *et al* 2009)

1. Lignin

Lignin merupakan zat organik yang memiliki polimer banyak dan merupakan hal yang penting dalam dunia tumbuhan. Lignin adalah polimer berkadar aromatik-fenolik yang tinggi, dan relatif lebih mudah teroksidasi. Lignin tersusun atas jaringan polimer fenolik yang berfungsi merekatkan serat selulosa dan hemiselulosa sehingga menjadi sangat kuat (Sun *and* Cheng, 2002). Lignin merupakan bagian dari lamela tengah dan dinding sel yang berfungsi sebagai perekat antar sel, merupakan senyawa aromatik berbentuk amorf. Lignin bersifat kaku dan rapuh. molekul kompleks yang tersusun dari unit phenylpropane yang terikat di dalam struktur tiga dimensi Material dengan kandungan karbon yang relatif tinggi serta memiliki energi tinggi (dalam biomassa), namun sangat resisten terhadap degradasi, baik secara biologi,enzimatis, maupun kimia. Setiap materi kayu dan bukan kayu bila dilihat di mikroskop, terlihat serat-seratnya yang melekat satu dengan yang lainnya. Senyawa yang mengikat satu serat dengan serat lainnya disebut lignin. Dari penampang melintang serat mempunyai dinding dan lubang tengah yang disebut lumen (Achyuthan 2010).

2. Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan polisakarida yang mempunyai berat molekul lebih kecil daripada selulosa. Hemiselulosa tersusun dari bermacam-macam jenis netral, yaitu glukosa, mannanosa, galaktosa (heksosan), xilosa dan arabinosa (pentosan) merupakan konstituen utama hemiselulosa (Fengel *and* Wegener, 1995). Rantai utama hemiselulosa dapat terdiri hanya satu jenis monomer (homopolimer), seperti xilan, atau terdiri atas dua jenis atau lebih monomer (heteropolimer), seperti glukomannan. Hemiselulosa merupakan kelompok polisakarida heterogen dengan berat molekul rendah. Hemiselulosa lebih mudah dihidrolisis dengan asam menjadi monomer yang mengandung glukosa, mannanosa, galaktosa, xilosa, arabinosa. Hemiselulosa mengikat lembaran serat selulosa membentuk mikrofibril yang meningkatkan stabilitas dinding sel. Hemiselulosa juga berikatan silang dengan lignin membentuk jaringan kompleks dan memberikan struktur yang kuat (Hadrawi, 2014). Rantai hemiselulosa lebih pendek di bandingkan rantai selulosa, karena derajat polimerisasinya lebih rendah. Berbeda dengan selulosa, polimer hemiselulosa berbentuk tidak lurus, tetapi polimernya bercabang dan strukturnya tidak berbentuk kristal. Hal ini yang menjadikan hemiselulosa lebih mudah dimasuki pelarut dan bereaksi dengan larutan dibanding selulosa. Hemiselulosa bersifat *hidrofibi* (mudah menyerap air) yang mengakibatkan strukturnya yang kurang teratur. Hemiselulosa tidak larut dalam air tapi larut dalam larutan alkali (Putera, 2012).

3. Selulosa

Jumlah selulosa di alam sangat berlimpah sebagai sisa tanaman atau dalam bentuk sisa pertanian seperti jerami padi, kulit jagung, gandum, kulit tebu dan tumbuhan lainnya (Han *and* Chen, 2007). Komposisi selulosa berkisar antara 35-50% dari komposisi total penyusun dinding sel

tumbuhan (Koolman, 2001). Selulosa ($C_6H_{10}O$)_n adalah polimer glukosa yang berbentuk rantai linier dan dihubungkan oleh ikatan β -1,4 glikosidik. Struktur yang linier menyebabkan selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut. Selulosa tidak mudah didegradasi secara kimia maupun mekanis. Unit penyusun selulosa adalah selobiosa karena unit keterulangan dalam molekul selulosa adalah dua unit gula (D-glukosa). Polimer rantai panjang selulosa terikat bersama oleh ikatan hidrogen dan ikatan *van der Waals*, yang mana menyebabkan selulosa terpaket dalam mikrofibril. Mikrofibril selulosa memiliki bagian kristalin yang besar (2/3 dari total selulosa) dan bagian terkecil yang tak berbentuk (*amorphous*). Semakin kristalin selulosa, akan semakin susah selulosa tersebut untuk terlarut dan terdegradasi (Mussatto and Teixeira, 2010).

2.2.6 Alkali (NaOH)

Sodium Hydroxide atau Natrium Hidroksida (NaOH) adalah sejenis basa logam kaustik. Zat ini digunakan di berbagai macam bidang industri, digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen. Kegunaan NaOH ini adalah untuk menghilangkan lignin dan hemiselulosa, agar memiliki ikatan yang lebih baik antara serat dan matrik, serta meningkatkan kekasaran permukaan serat. Fungsi alkali NaOH adalah sebagai pembersih atau penghilang kotoran lapisan permukaan serat yang berupa lignin dan hemiselulosa. Perlakuan secara kimiawi banyak digunakan untuk memodifikasi permukaan atau memecah permukaan lignin dibandingkan dengan perlakuan secara fisis dan mikrobiologis. Akan tetapi penggunaan senyawa kimia secara berlebihan akan berdampak buruk bagi lingkungan, dapat menghasilkan senyawa toksik yang justru akan menghambat proses hidrolisis polisakarida pada tahap selanjutnya (Arsyad, 2016).

2.3 Proses Pembuatan Komposit

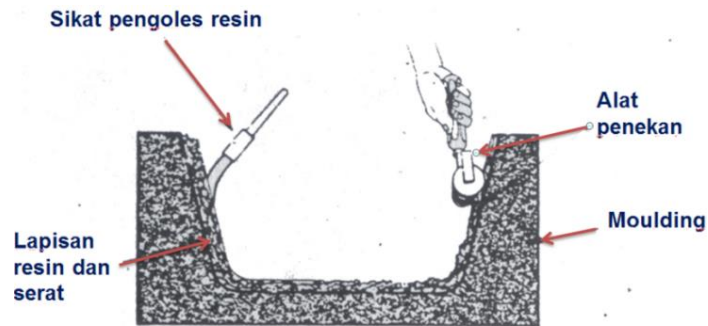
1. Proses Manual

Proses manual terdiri dari *hand lay-up*, *spray-up*, *pressure bag* dan *autoclave moulding*, yaitu:

a) *Hand lay-up*

Metode ini lebih banyak digunakan untuk material dengan serat penguat. Keuntungan utamanya adalah proses yang sangat simple sehingga dibutuhkan sedikit peralatan dan cetakan dapat dibuat dari gips, kayu, lembaran plat atau lembaran. Langkah pertama adalah melapisi cetakan dengan pelapis (*wax* atau lapisan lilin) untuk mencegah cetakan lengket. Kemudian diikuti lapisan tipis ($\pm 0,3-0,4\text{mm}$) resin murni disebut lapisan jel yang mempunyai beberapa fungsi. Pertama menutup lubang yang tidak teratur pada permukaan cetakan, kedua dan yang terpenting adalah meningkatkan kekuatan dan melindungi dari serangan embun

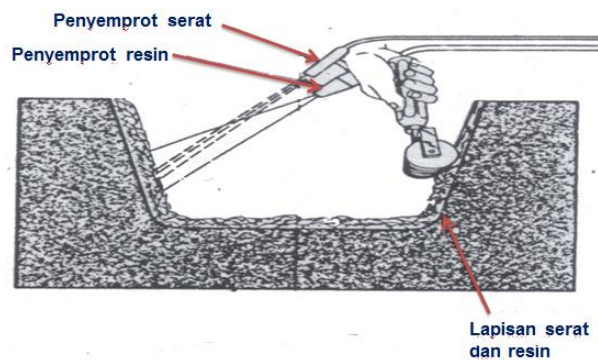
dimana cenderung mengurangi kekuatan serat atau resin. Lembaran tissue dapat digunakan untuk menjaga kebersihan lapisan jel. Ini menciptakan ketahanan impact pada permukaan dan juga menyembunyikan tekstur kasar dari serat penguat (pengisi). Ketika lapisan jel mulai kering penguat utama dilekatkan. Pertama kali dioleskan dan diikuti lapisan serat gelas dengan menggunakan tangan. Rol digunakan untuk melekatkan serat dan membuang udara yang terperangkap. Gambar 2.6 metode hand lay up.



Gambar 2.6 Metode *hand lay up* (Gibson, 1994)

b) *Spray-up*

Dalam proses ini, langkah persiapan mirip dengan metode sebelumnya tetapi pemakaian lembaran serat penguat diganti menggunakan semprotan. Benang disalurkan ke unit penyemprot dan helai benang disemprotkan ke cetakan terus menerus dengan resin. Ketebalan cetakan dapat dengan mudah dibuat per bagian sehingga menjadi berkekuatan tinggi. Bagaimanapun juga keberhasilan metode ini tergantung pada kemampuan operator dalam pengontrolan ketebalan komposit dan juga perbandingan serat dan resin. Gambar 2.7 Metode *spray up*



Gambar 2.7 Metode *spray up* (Gibson, 1994)

2. Proses Semi Otomatis

a) Cetakan Tekan Dingin

Dasar proses ini adalah memanfaatkan pemakaian tekanan menjadi dua bagian cetakan tanpa pemanas untuk menghembuskan resin melalui lembaran material setengah jadi kedalam cetakan. Prosedurnya adalah sebagai berikut, bersihkan alat dan lapisan jel yang ada di permukaan cetakan dan serat yang menempel pada bagian terendah dari cetakan. Adonan resin dibuang pada atas lembaran serat dan ketika cetakan ditutup resin akan tersebar melalui serat penguat. Tekanan tinggi tidak dibutuhkan seperti penekanan komposit ke bentuk lembaran. Proses pengerjaan hanya memerlukan waktu 10 – 15 menit.

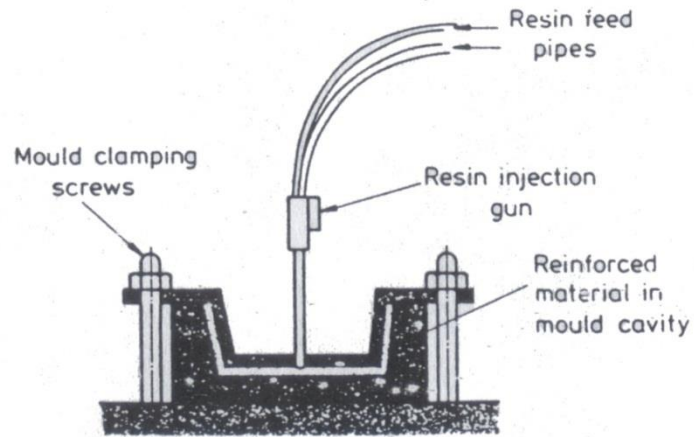
b) Cetakan Tekan Panas.

Cetakan jenis ini menghilangkan penguat plastic dipercepat dengan pemanasan pada suhu ($\approx 180^{\circ}\text{C}$) dan tekanan ($\approx 15 \text{ MN/m}^2$). Biasanya bagian atas cetakan tekan atas termasuk keduanya pembentukan cetakan dan penekan cetakan.

c) Injeksi Resin/*Resin Transfer Molding (RTM)*.

Proses cetakan dingin yang menggunakan tekanan rendah $\pm 450 \text{ KN/m}^2$. Permukaan cetakan dipersiapkan dengan melepas alat dan *gel coat* sebelum alas penguat disusun dengan menurunkan separuh cetakan. Menaikkan lagi separuh cetakan yang kemudian diapit keposisinya dan resin dimasukkan di bawah tekanan ke dalam ruang cetak. Keuntungan tipe ini untuk metode produksi dengan menurunkan tingkat kemampuan yang diperlukan operator sebab kualitas cetakan akan menentukan ketebalan.

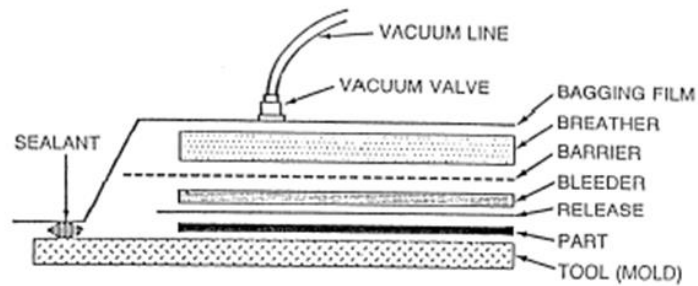
Baru-baru ini terdapat pembangunan yang menggunakan pembentukan awal yang dihasilkan menggunakan salah satu metode diatas dan konsistensi produk dan berbagai penguat dari alas helai yang dicacah untuk menutup rangkaian pabrik gelas, aramid, karbon atau hibrid yang mungkin digunakan. Gambar 2.8 metode injek resin



Gambar 2.8 Metode injeksi resin (Gybson, 1994)

d) *Vacuum Bagging/Autoclave*

Perkembangan injeksi resin yang ruang kosongnya digunakan untuk menarik resin melewati penguat. Mengatasi masalah kekosongan didalam resin/lapisan serat dan memberikan putaran waktu tercepat dengan keseragaman produk yang terbesar. Gambar 2.9 Metode *vacuum bagging/autoclave*



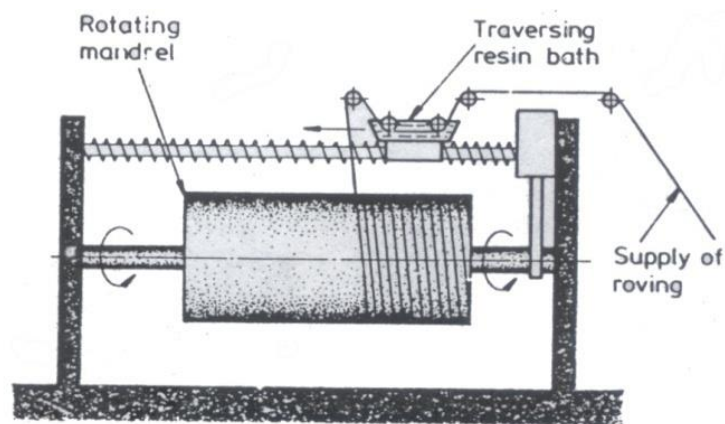
Gambar 2.9 Metode *vacuum bagging/autoclave* (Gybson, 1994)

3. Proses Pembuatan Otomatis

Proses otomatis seperti *filament winding*, *centrifugal casting*, *pultrusion* dan *injection moulding*.

a) *Filament Winding*

Metode ini menyambungkan helai penguat yang digunakan untuk memaksimalkan kekuatan serat. Prosesnya adalah, helai serat melewati resin dan belitan serat melewati putaran mandrel. Penyusunan serat melewati mandrel yang dikontrol atau dengan cara diprogram. Kemudian serat/penguat diletakkan sesuai dengan yang diinginkan. Hal ini memungkinkan kekuatan yang sangat tinggi dapat dicapai, terutama untuk menekan tempat dimana penguatnya dengan tegangan tinggi sangat penting. Gambar 2.10 Metode *filament winding*



Gambar 2.10 Metode *filament winding* (Gybson, 1994)

b) *Centrifugal Casting*

Metode ini digunakan untuk memproduksi komposit berbentuk silinder yang dapat diputar disekitar sumbu longitudinalnya. Resin dan serat yang semprotkan pada cetakkan yang berputar. Metode ini umum digunakan untuk membuat komposit struktur panjang serta

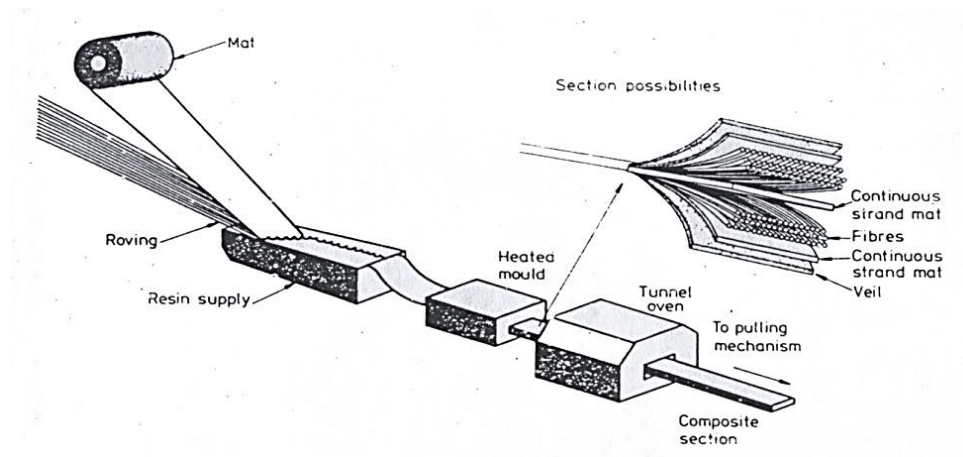
selindris seperti pipa yang sedikit meruncing, tiang lampu pijar jalan, tiang telegraph dan tonggak menara. Gambar 2.11 Metode *centrifugal casting*



Gambar 2.11 Metode *centrifugal casting* (Stevewood, 1998)

c) *Pultrusion*

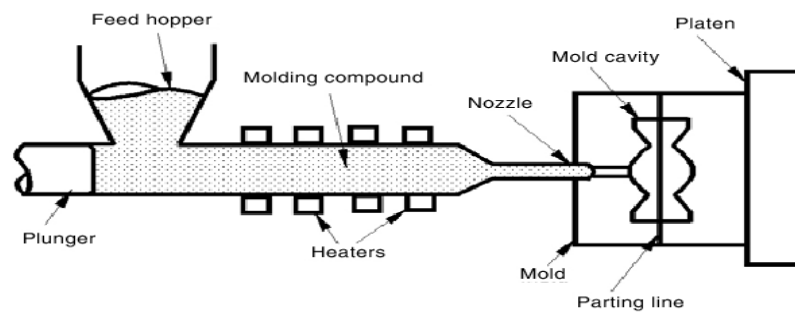
Metode produksi ini serupa dengan konsep ekstrusi. Susunan serat menarik bak resin dan kemudian menjadi bentuk yang diinginkan. Bentuk yang ditampilkan muncul dari *dies* dan melewati tembusan oven untuk mempercepat pengeringan resin. Komposit dari *pultrusion* ini akhirnya memotong ukuran panjang pada tempat penyimpanan jarak lebar bentuk pultruded dihasilkan saluran, balok, bentuk aeropil dan lain-lainnya. Gambar 2.12 Metode pultrusion



Gambar 2.12 Metode pultrusion (Gibson, 1994)

d) *Injection Moulding*/Cetakan Injeksi

Proses cetakan injeksi ini digunakan umumnya untuk pembuatan komposit berpenguat serat thermoset. Metode ini memberikan keuntungan pada penekanan cetakan dengan kecepatan produksi yang tinggi. Ukurannya lebih akurat dan harganya relatif murah. Gambar 2.13 Metode cetakkan injeksi



Gambar 2.13 Metode cetakkan injeksi (Gibson, 1994)

2.4 Fraksi Berat dan Fraksi Volume

Kekuatan komposit dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: jenis, geometri, arah, distribusi dan kandungan serat. Menurut Roe, dan Ansel (1985), fraksi volume serat (V_f) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V_f = \frac{[V_c - (\frac{M_c - M_f}{Q_M})]}{V_c} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

V_c : volume komposit (mm^3)
 M_c dan M_f : massa komposit dan serat (g)
 Q_M : *density* matrik (g/mm^3)

Jumlah kandungan serat dalam komposit, merupakan hal yang menjadi perhatian khusus pada komposit berpenguat serat. Untuk memperoleh komposit berkekuatan tinggi, distribusi serat dengan matrik harus merata pada proses pencampuran agar mengurangi timbulnya *void*. Untuk menghitung fraksi volume, parameter yang harus diketahui adalah berat jenis resin, berat jenis serat, berat komposit dan berat serat. Adapun fraksi volume yang ditentukan dengan persamaan (Harper, 1996) :

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} = \frac{\rho_f v_f}{\rho_c v_f} = \frac{\rho_f}{\rho_c} V_f \dots \dots \dots (2)$$

$$V_f = \frac{\rho_c}{\rho_f} W_f = 1 - V_m$$

Jika selama pembuatan komposit diketahui massa *fiber* dan matriks, serta *density fiber* dan matriks , maka fraksi volume dan fraksi massa *fiber* dapat dihitung dengan persamaan (Shackelford, 1992) :

$$V_f = \frac{w_f / \rho_f}{w_f / \rho_f + w_m / \rho_f} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

V_f : Fraksi Volume
 W_f : Massa serat (gr)
 ρ_f : Massa jenis serat (gr/cm^3)

w_m : Massa matriks (gr)

ρ_m : Massa jenis matriks (gr/cm^3)

2.5 Kelebihan Material Komposit

Material komposit mempunyai beberapa kelebihan berbanding dengan bahan konvensional seperti logam. Kelebihan tersebut pada umumnya dapat dilihat dari beberapa sudut yang penting seperti sifat-sifat mekanikal dan fisikal dan biaya. Seperti yang diuraikan dibawah ini :

1. Sifat-sifat mekanik dan fisik

Pada umumnya pemilihan bahan matriks dan serat memainkan peranan penting dalam menentukan sifat-sifat mekanik dan sifat komposit. Gabungan matriks dan serat dapat menghasilkan komposit yang mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi dari bahan konvensional.

2. Biaya

Faktor biaya juga memainkan peranan yang sangat penting dalam membantu perkembangan industri komposit. Biaya yang berkaitan erat dengan penghasilan suatu produk yang seharusnya memperhitungkan beberapa aspek seperti biaya bahan mentah, pemrosesan, tenaga manusia, dan sebagainya.

2.6 Kegunaan Material Komposit

Penggunaan material komposit sangat luas, yaitu untuk :

1. Angkasa luar seperti komponen kapal terbang, komponen helikopter, komponen satelit.
2. Kesehatan seperti kaki palsu, sambungan sendi pada pinggang
3. Industri pertahanan seperti komponen jet tempur, peluru, komponen kapal selam

4. Olah raga dan rekreasi seperti sepeda, stick golf, raket tenis, sepatu olah raga
5. *Automobile* seperti Komponen mesin, komponen kereta.

2.7 Pengujian Impact Komposit

Untuk mengetahui kekuatan impact suatu material dapat dilakukan dengan pengujian impact terhadap material komposit. Kekuatan impact adalah menghitung energi yang diberikan beban dan menghitung energi yang diserap oleh spesimen (Wona, 2015: 42). Impact test dapat diartikan suatu tes mengukur kemampuan bahan dalam menerima beban tumbukkan yang diukur dengan besarnya energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen. Uji impact juga pengujian yang bertujuan untuk mendapatkan nilai ketangguhan komposit ketika mengalami tumbukkan. Pengujian impact ada dua metode pengujian antara lain sebagai berikut:

1. Metode *Charpy*

Pada metode *charpy* banyak digunakan di Amerika Serikat dan merupakan cara pengujian dimana spesimen dipasang secara horizontal dengan kedua ujung berada pada tumpuan, sedangkan takikan pada spesimen diletakkan ditengah-tengah dengan arah pembebanan tepat di atas takikan. Metode ini digunakan untuk mencari kekuatan impact berdasarkan energi serap per luas penampang spesimen pengujian (Mallick, 2008).

Kelebihan yang dimiliki oleh metode ini seperti berikut:

- a. Lebih mudah dipahami dan dilakukan.
- b. Menghasilkan tegangan uniform disepanjang penampang.
- c. Harga alat lebih murah.

d. Waktu pengujian lebih singkat.

Pada metode ini memiliki kekurangan seperti berikut:

- a. Hanya dapat dipasang pada posisi horizontal.
- b. Spesimen dapat bergeser dari tumpuannya karena tidak dicekam.
- c. Pengujian hanya dapat dilakukan pada spesimen yang kecil.

2. Metode *Izod*

Pada metode *izod* banyak digunakan di Eropa terutama Inggris dan merupakan cara dimana spesimen berada pada posisi vertikal kemudian dicekam salah satu ujungnya dengan arah takikan disesuaikan arah tumbukan. Metode ini digunakan untuk mencari kekuatan impact berdasarkan energi serap per lebar penampang spesimen pengujian (Mallick, 2008).

Kelebihan dari metode ini seperti berikut:

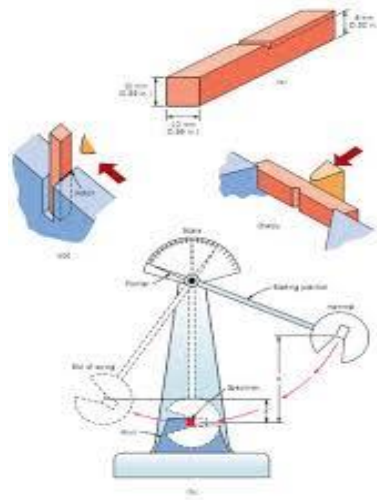
- a. Tumbukan tepat pada takikan karena benda kerja dicekam.
- b. Dapat menggunakan spesimen dengan ukuran besar.
- c. Spesimen tidak mudah bergeser karena dicekam pada salah satu ujungnya.

Pada metode ini memiliki kekurangan seperti berikut:

- a. Biaya pengujian lebih mahal.
- b. Pembebanan yang dilakukan hanya pada satu ujungnya, sehingga hasil yang diperoleh kurang baik.

- c. Waktu yang digunakan cukup banyak karena banyaknya prosedur pengujian, mulai dari menjepit benda kerja sampai tahap pengujian.

Gambar 2.14 Skema Pengujian *Impact*



Gambar 2.14 Skema Pengujian *Impact* (Callister, 2007: 224)

Energi serap benda uji dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$E_{\text{serap}} = G \cdot R (\cos \alpha - \cos \beta) \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{dengan } G = m \cdot g \dots \dots \dots (5)$$

keterangan:

E_{serap} : energi yang diserap (Joule)

R : jari-jari pusat ke titik berat pembenturan (m)

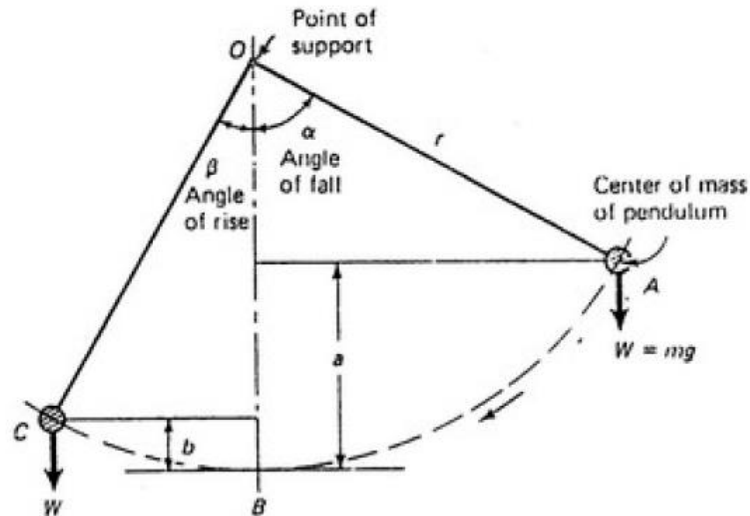
G : berat beban/pembentur (N)

m : massa pembentur (kg)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

: sudut ayunan mematahkan benda uji (α)

: sudut ayunan tanpa benda uji (β)



Gambar 2.15 Skema Sudut Kerja Pengujian Impact
(Imron,2010:15)

Kekuatan impact yang dihasilkan (K_{impact}) merupakan perbandingan antara energi serap (E_{serap}) dengan luas penampang (A_o). ketangguhan impact

dapat dihitung dengan persamaan :

$$K_{impact} = \frac{E_{serap}}{A_o} \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

K_{impact} : kekuatan Impact (J/mm²)

E_{serap} : energi yang diserap (Joule)

A_o : luas penampang (mm²)

2.8 Pola Patahan Pada Komposit Serat

Kegagalan dari bahan teknik hampir tidak selalu diinginkan terjadi karena beberapa alasan seperti membahayakan manusia, merugikan dibidang ekonomi dan mengganggu ketersediaan produk. Meskipun kegagalan dan sifat bahan mungkin diketahui tetapi pencegahan terhadap kegagalan sulit untuk dijamin. Masalah yang sering terjadi adalah pemilihan bahan, proses kurang tepat dan perancangan komponen belum sesuai dengan penggunaannya. Patahan pada komposit juga dapat dipengaruhi oleh kegagalan seperti kurangnya ikatan serat dengan matrik, kurangnya pendistribusian matrik terhadap serat atau sebaliknya. Pola patahan pada komposit serat sebagai berikut (Astika dkk., 2013) dan (Mallick, 2008) :

- a. *Fiber pullout* yaitu patahan komposit yang terjadi karena kurangnya ikatan antara serat dengan matrik sehingga serat terlepas dari ikatan matrik.
- b. *Crack deflection* yaitu patahan komposit mengikuti alur dari posisi serat yang miring sehingga permukaan patahan miring.
- c. *Matrix rich* yaitu tidak adanya serat di daerah matrik sehingga komposit menjadi rapuh dan mudah patah pada saat menerima beban.
- d. *Matrix bridging* yaitu patahan komposit dalam keadaan serat masih terikat dengan matrik secara utuh.
- e. Daerah patahan yang berlubang (*void*) yaitu terjadi karena terjebaknya udara saat proses mencetak komposit, sehingga menimbulkan cacat berupa lubang.

2.9 Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan sebuah alat mikroskop elektron yang didesain untuk melihat permukaan sel atau struktur mikroskopik suatu obyek secara tiga dimensi. SEM memiliki pembesaran 10-3000000x, *dept of field* 4 - 0,4 mm dan resolusi sebesar 1 - 10 nm (Yudi, 2017). Kombinasi dari pembesaran yang tinggi *dept of field* yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dalam industri.

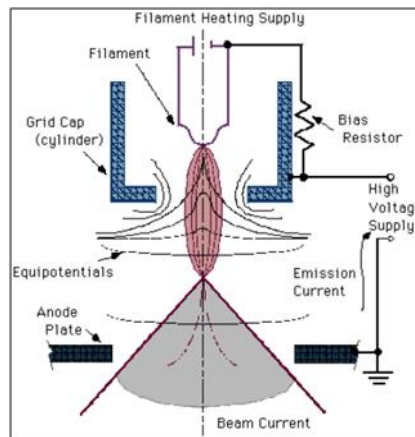
SEM adalah salah satu mikroskop electron yang menggunakan berkas electron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisa. Pada instrumen SEM terintegrasi sebuah detektor energy dispersive X-ray (EDX) yang memungkinkan dilakukannya mikro analisis secara kualitatif dan semi kuantitatif untuk menentukan komposisi unsur-unsur dari suatu objek material.

Adapun fungsi utama SEM antara lain dapat digunakan untuk mengetahui informasi-informasi mengenai :

1. Topografi, yaitu ciri-ciri permukaan dan teksturnya (kekasaran, sifat memantulkan cahaya, dan sebagainya).
2. Morfologi, yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek (kekuatan, cacat pada *Integrated Circuit* (IC), *chip* dan sebagainya).
3. Komposisi, yaitu data kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung didalam objek (titik lebur, kereaktifan, kekasaran dan sebagainya).
4. Informasi kristalografi, yaitu informasi mengenai bagaimana susunan dari butir-butir di dalam objek yang diamati (konduktifitas, sifat elektrik, kekuatan dan sebagainya).

Prinsip kerja SEM yaitu bermula dari *electron beam* yang dihasilkan dari sebuah filamen pada *electron gun*. Gambar 2.3 merupakan ilustrasi

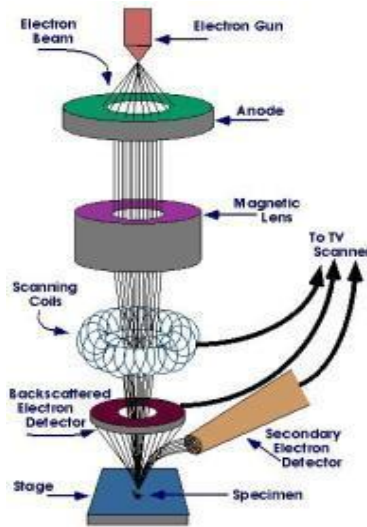
cara kerja *electron gun*. Pada umumnya *electron gun* yang digunakan adalah *tungsten hairpin gun* dengan filamen berupa lilitan *tungsten* yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan diberikan kepada lilitan yang mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron melaju menuju ke anoda.



Gambar 2.16 Electron Gun

(<https://yudiprasetyo53.wordpress.com/2011/11/07/scanning-electron-microscope-sem-dan-optical-emission-spectroscopy-oes/>)

Kemudian *elektron beam* difokuskan kesuatu titik pada permukaan sampel dengan menggunakan dua buah *condenser lens*. *Condenser lens* kedua (bisa disebut dengan lensa objektif) memfokuskan *beam* dengan diameter yang sangat kecil, yaitu sekitar 10 - 20 nm. *Secondary Electron* (SE) atau *Back Scattered Electron* (BSE) dari permukaan sampel akan dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada layar CRT.



Gambar 2.17 Prinsip Kerja *Scanning Electron Microscope* (SEM)

(<https://materialcerdas.wordpress.com/teori-dasar/scanning-electron-microscopy/>)

SEM memiliki beberapa detektor yang berfungsi untuk menangkap hamburan elektron dan memberikan informasi yang berbeda-beda. Detektor-detektor tersebut antara lain :

1. Detektor EDX, yang berfungsi untuk menangkap informasi mengenai komposisi sampel pada skala mikro.
2. *Backscatter* detector, yang berfungsi untuk menangkap informasi mengenai nomor atom dan topografi.

Secondary detector, yang berfungsi untuk menangkap informasi mengenai topograf.